



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 197 09 992 C 1

⑤ Int. Cl. 5:
B 21 B 38/02
B 21 B 37/28
G 01 B 11/30

DE 197 09 992 C 1

⑦ Aktenzeichen: 197 09 992-0-32
⑧ Anmeldetag: 11. 3. 97
⑨ Offenlegungstag: -
⑩ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 1. 10. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑪ Patentinhaber:

Betriebsforschungsinstitut VDEh - Institut für angewandte Forschung GmbH, 40237 Düsseldorf, DE; GOM - Gesellschaft für Optische Meßtechnik mbH, 38106 Braunschweig, DE; Krupp-Hoesch-Stahl AG, 44145 Dortmund, DE

⑫ Vertreter:

König, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Bergen, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 40219 Düsseldorf

⑬ Teil in: 197 58 466.7

⑭ Erfinder:

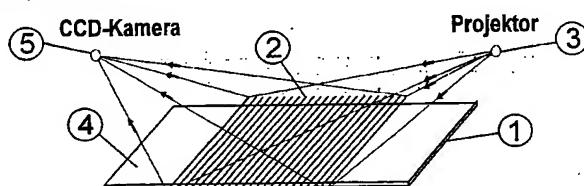
Müller, Ulrich, Dr., 40789 Monheim, DE; Peuker, Gustav, 41066 Mönchengladbach, DE; Sonnenschein, Detlef, 45149 Essen, DE; Winter, Detlef, Dr., 38527 Meine, DE; Degner, Michael, Dr.-Ing., 44229 Dortmund, DE; Thiemann, Gerd, Dip.-Ing., 44879 Bochum, DE

⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US 54 88 478
US 37 31 508

⑯ Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie von Warmband

⑰ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie von Warmband unter Erzeugung von Linien auf der Bandoberfläche mittels einer Lichtquelle, das eine Verbesserung der Band- oder Coilqualität durch ein einfaches und effektives Erfassen von Planheitsabweichungen und ein Regeln der Fertigungsparameter über die Verwertung eines Linienmusters auf der Bandoberfläche oder der Stirnfläche eines Coils beim Haspeln erlaubt.



DE 197 09 992 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie von Warmband unter Erzeugung von Linien auf der Bandoberfläche mittels einer Lichtquelle (US 5 488 478).

Das bei Kaltbandstraßen übliche Kontaktmessen ist im Warmbandbereich aufgrund der hohen Temperatur des Bandes – von etwa 1000°C – nur mit erheblichem Instandhaltungsaufwand möglich. Ein Kontaktmessen ist auch an den Stirnflächen eines in einem Haspel entstehenden Coils nicht möglich. Es ist daher schwierig, wenn nicht gar unmöglich, Band so zu haspeln, daß im Coil jede Windung exakt über der voraufgehenden liegt und sich so plane Stirnflächen ergeben.

Die Bandplanheit wird in Warmbandstraßen vorzugsweise berührungslos gemessen. Bekannt ist beispielsweise ein Messen von Planheitsabweichungen mit Hilfe von auf das Band projizierten Lichtpunkten. Die Raumlage des vorzugsweise mit Hilfe eines Laserstrahls auf der Bandoberfläche erzeugten Lichtpunkts wird mit einem Abstandssensor erfaßt.

Die beiden ebenen Ortskoordinaten eines bestimmten Oberflächenpunktes sind durch die relative Lage zwischen Abtast- bzw. Beleuchtungsstrahl und der Bandoberfläche bekannt. Die Höhenkoordinate des Oberflächenpunktes, der aktuell vermessen wird, erfaßt ein ortsempfindlicher Detektor. Mit der Höhenkoordinate verändert sich gleichzeitig die Position des Abbildungspunktes auf dem Sensor.

Mit mehreren Strahlenquellen und Sensoren läßt sich so ein Planheitsbild über die gesamte Breite des Bandes erstellen, das sich aus den Meßergebnissen der in bestimmten Abständen auf das Band projizierten Lichtpunkte zusammensetzt. Die zwischen den Lichtpunkten befindlichen Bereiche werden allerdings bei diesem Verfahren nicht erfaßt und bilden bei einem fortlaufenden Band streifenförmige Meßlücken, deren Planheit nicht ermittelt wird. Darauf hinaus kommt es dadurch zu Meßfehlern, daß beispielsweise ein Flattern des Bandes meßtechnisch als Bandunebenheit erfaßt wird.

In der Automobilindustrie ist es bekannt, kleinere Oberflächen mit Hilfe der Moire-Technik zu vermessen. Dabei wird auf der Objektoberfläche ein Interferenzmuster mittels einer Lichtquelle erzeugt. Mit Hilfe einer CCD-Kamera (CCD = Charge-coupled-device) wird das Interferenzmuster erfaßt. Die Kamera ist so angeordnet, daß sich ein Winkel zwischen der Lichtquelle der Oberfläche und der Kamera ergibt. Durch ein Referenzraster in der Bildebene entsteht durch Überlagerung des aufgenommenen Musters mit dem Referenzmuster ein sogenannter Moire-Effekt. Aus den Moire-Linien lassen sich die Höhendifferenzen quantitativ ermitteln.

Die Moire-Technik liefert genauere Meßergebnisse als das Messen mit Lichtpunkten; sie erfaßt darüber hinaus im wesentlichen die gesamte Meßfläche und vermeidet die oben erwähnten Meßlücken. Der Einsatz in einer Warmbandstraße ist jedoch problematisch.

Um die Höhendifferenzen des Warmbandes quantitativ zu ermitteln, ist eine komplizierte Umrechnung der von der Kamera erfaßten Muster erforderlich. Die als Moire-Linien abgebildeten Höhendifferenzen lassen sich nicht in Echtzeit in quantitative Meßwerte umrechnen.

In einer Walzstraße sind aber gerade schnelle Meßergebnisse erforderlich, da die Messung sich sonst kaum für ein direktes Anpassen der Walzparameter zur Verbesserung der Planheit des durchlaufenden Bandes ausnutzen läßt. Für den industriellen Einsatz mangelt es darüber hinaus den feinen Interferenzmustern an Kontrast- und Intensitätsstärke.

Bei herkömmlichen Warmbandstraßen, bei denen die Bandplanheit nach einem der obenerwähnten Verfahren erfaßt wird, findet keine Erfassung der Planheitsfehler aus der Kühlstrecke statt, was erhebliche Qualitätsverluste zur Folge haben kann.

Aus der US-Patentschrift 5 488 478 ist eine Vorrichtung zur Oberflächenmessung eines Metallbandes bekannt, bei der mit Hilfe eines Laserstrahls Linien auf der Metalloberfläche erzeugt werden, die von mehreren Line-scankameras erfaßt und durch Vergleich mit einem Referenzmuster zur Bestimmung der Oberflächengeometrie ausgewertet werden. Diese Vorrichtung erfordert einen erheblichen Konstruktionsaufwand und erlaubt darüber hinaus nur eine grobe Teilaussage über die Oberflächengeometrie des Bandes. Darüber hinaus sind der Betriebsgeschwindigkeit dieses Systems aufgrund des rotierenden Spiegels zur Erzeugung der Laserlinien Grenzen gesetzt.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das eine Verbesserung der Bandqualität durch ein einfaches und effektives Erfassen der Bandplanheit erlaubt und eine feinfühlige Regelung der Walz- und/oder Haspelparameter zuläßt.

Dieses Problem wird durch die kennzeichnenden Merkmale im Anspruch 1 gelöst.

Auf der Meßoberfläche und/oder der Stirnfläche eines im Entstehen begriffenen Coils wird durch Projektion ein Liniennmuster erzeugt, in zweckmäßiger Ausgestaltung wird das Liniennmuster mit einer das Liniennmuster auflösenden Kamera erfaßt und die erfaßten Meßdaten werden mit einer Referenzmessung verglichen. Mit Hilfe eines Prozeßrechners werden die Meßergebnisse unmittelbar in Steuerungsparameter für die Fertigstraße und den Haspel umgesetzt und koordiniert.

Das erfindungsgemäße Verfahren besitzt insbesondere den Vorteil einer hohen Störungsunempfindlichkeit, die in einer Walzstraße von Bedeutung ist, da keine empfindliche Laseroptik zum Einsatz kommt, sondern ein unempfindlicher Diaprojektor benutzt werden kann.

Unter Meßoberfläche ist hier die Oberfläche des Bandes oder die aus einer mehr oder minder großen Zahl von Windungen des Bandes bestehende Stirnfläche eines Coils beim Haspeln zu verstehen.

Ein Projektor erzeugt ein der Auflösung der Kamera entsprechendes Liniennmuster auf der Bandoberfläche bzw. der Stirnfläche des Coils. Der Projektor ist dabei oberhalb des Warmbandes angeordnet und projiziert das Liniennmuster in einem Winkel zur Vertikalen auf die Oberfläche des Warmbandes, so daß sich die Linien vorzugsweise quer zur Bandoberfläche erstrecken und somit die ganze Bandbreite erfassen.

Eine CCD-Kamera mit einer Auflösung von beispielsweise acht Pixel pro Linie erfaßt die quer über die Bandoberfläche verlaufenden Linien. Bei einer absoluten Bandplanheit entsteht ein gleichmäßiges Muster gerader Linien mit unverändertem Liniendistanz.

Abweichungen der Bandoberfläche von der idealen Ebene bewirken eine Änderung des Liniendistanz im Bereich der Unebenheit. Diese Änderung erfaßt die Kamera. Sie läßt sich rechnerisch durch einen Vergleich mit einem Idealmuster auf einfache Weise in Höhendifferenzen umrechnen.

In ähnlicher Weise wie beim Planheitsmessen am laufenden Band, läßt sich mit Hilfe des erfindungsgemäßen Meßsystems die Planheit der Stirnflächen beim Haspeln überwachen bzw. gewährleisten. Die Stirnfläche des sich im Haspel aufbauenden Coils entspricht dabei der Bandoberfläche.

Das erfindungsgemäße System ermöglicht eine schnelle Ermittlung der tatsächlichen Höhendifferenzen der Band-

oberfläche und erlaubt so eine Echtzeiterfassung fortlaufender Bandabschnitte. Dies hat den Vorteil, daß die Meßergebnisse ein Anpassen der Walzparameter unmittelbar nach dem Auftreten einer Unebenheit erlauben.

Die Erfindung ermöglicht eine Messung, die unempfindlich ist gegen Verfälschungen der Meßergebnisse. Solche Verfälschungen entstehen bei herkömmlichen Meßsystemen beispielsweise infolge einer Bewegung der gesamten Bandoberfläche bezüglich der Höhenkoordinate (Flattern). Die Erfindung erlaubt darüber hinaus, die Querwölbung des Bandes zu bestimmen. Konventionelle Meßsysteme erfassen lediglich die Bandfaserlänge. Die Meßlinien lassen sich zudem bezüglich ihrer Intensität und Liniendicke unterschiedlichen Bedingungen anpassen. Die Probleme der feinen intensitäts- und kontrastschwachen Moire-Linien treten nicht auf.

Das erfindungsgemäße System eignet sich besonders für ein Messen am aus der Fertigstaffel auslaufenden Warmband in Verbindung mit einer Messung des Bandes am Haspel. Durch diese Anordnung können Veränderungen der Bandplanheit infolge des Bandabkühlens zwischen Fertigstaffel und Haspel erfaßt und zur Planheitsregelung verwendet werden.

Die Meßdaten lassen sich zur Regelung der Fertigstaffel, des Haspels und zur Steuerung der Kühlstrecke verwerten.

Meßergebnisse, die eine Sollwertabweichung beinhalten, bewirken eine sofortige und aufeinander abgestimmte Anpassung der Parameter für die Fertigstaffel, die Kühlstrecke und den Haspel.

Das erfindungsgemäße System läßt sich neben der Planheitsmessung in einer Fertigstraße auch in nachgeschalteten Produktionslinien wie zum Beispiel bei der Regelung von Streckrichtanlagen und in Beizlinien einsetzen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels des näheren erläutert.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: die Erzeugung und Erfassung der Meßlinien auf einem Bandabschnitt;

Fig. 2: die Anordnung eines Projektors und einer Kamera hinter einer Fertigstaffel;

Quer zum Band 1 verlaufende Meßlinien 2 werden durch einen Projektor 3 auf der Meß- bzw. Bandoberfläche 4 erzeugt.

Die Meßanordnung ist im Auslauf der Fertigstaffel 6 einerseits und vor dem Haspel andererseits an einem Meßhaus 13 angeordnet. Die CCD-Kamera 5 befindet sich auf der dem Haspel 6 abgewandten Meßhausseite in einem wassergetauchten Gehäuse. Der Projektor 3 ist auf der dem Haspel 6 zugewandten Meßhausseite angeordnet. Zur Wärmeabfuhr wird das Gehäuse mit Kühlluft beaufschlagt. Die Kühlung des Projektors 3 und der Kamera 5 ist zum Abführen der Eigenwärme und der von dem etwa 1000°C heißen Band 1 ausgehenden Wärmestrahlung erforderlich.

Die bezüglich der Bandlaufrichtung hintereinander angeordnete Kamera 5 und der Projektor 3 sind auf einen zwischen ihnen befindlichen Bandbereich ausgerichtet, auf dem das Linienmuster erzeugt und abgetastet wird. Als Projektor läßt sich beispielsweise eine Xenon-Lichtquelle einsetzen, die auch auf einer heißen Bramme ein gut lesbare Linienmuster erzeugt.

Unebenheiten auf der Bandoberfläche 4 bewirken einen unregelmäßigen Verlauf der Meßlinien 2 bzw. deren Abweichung von der geometrischen Geraden.

Mit einer CCD-Kamera 5 werden die Meßlinien 2 und damit auch deren durch Unebenheiten veränderter Verlauf erfaßt.

Das Meßbild wird nach der Erfassung rechnerisch mit ei-

nem zuvor aufgenommenen Referenzmuster verglichen. Aus den Abweichungen ergeben sich unmittelbar die Höhenunterschiede und die Parameter für die Regelung der Fertigstraße.

Dadurch entsteht ein vollständiges Planheitsbild des sich in Pfeilrichtung bewegenden Bandes 1.

Insgesamt läßt sich die erfindungsgemäße Erfassung beim Warmwalzen effektiv verwenden, um eine hohe Bandplanheit bei den in Warmbandstraßen üblichen hohen Fertigungsgeschwindigkeiten bis 25 m/s zu erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie von Warmband unter Erzeugung von Linien auf der Bandoberfläche mittels einer Lichtquelle, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Walzband (1) ein Muster aus einer Vielzahl von Linien (2) durch Projektion erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster (2) auf der Bandoberfläche (1) zur Planheitsmessung erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster (2) auf der Stirnfläche des Coils zur Überprüfung des Wickelzustandes erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster (2) nach der Erfassung durch eine Kamera (5) rechnerisch mit einem Referenzmuster verglichen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erhaltenen Meßwerte zur Steuerung einer Fertigstraße verwendet werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Projektionslichtquelle (3) eine Xenonlampe verwendet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

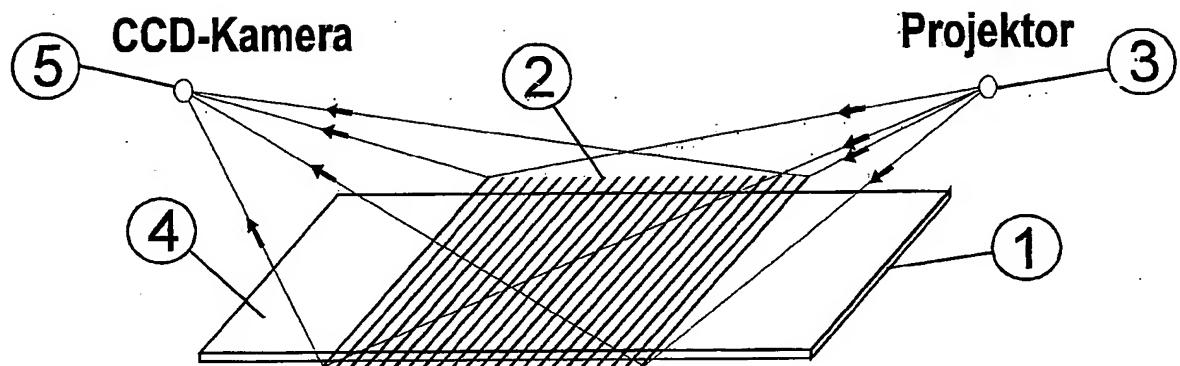


Fig. 2

